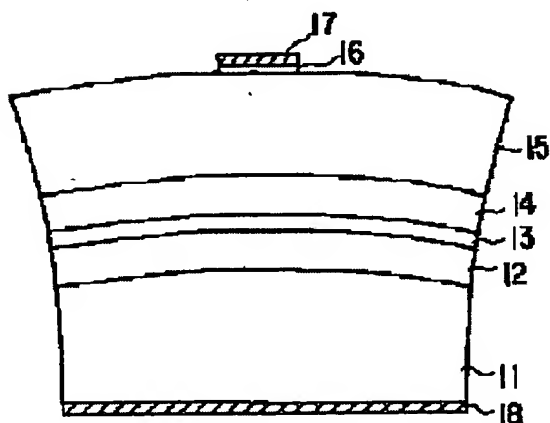


SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE

Patent number: JP5190893
Publication date: 1993-07-30 (July 30, 1993)
Inventor: SUGAWARA HIDETO; ITAYA KAZUHIKO; NISHIKAWA YUKIE
Applicant: TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO
Classification:
- **International:** H01L33/00
- **European:**
Application number: JP19920002379 19920109
Priority number(s): JP19920002379 19920109

Abstract not available for JP5190893



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-190893

(43)公開日 平成5年(1993)7月30日

(51)Int.Cl.⁵

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

A 8934-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平4-2379

(22)出願日 平成4年(1992)1月9日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 菅原 秀人

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝総合研究所内

(72)発明者 板谷 和彦

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝総合研究所内

(72)発明者 西川 幸江

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝総合研究所内

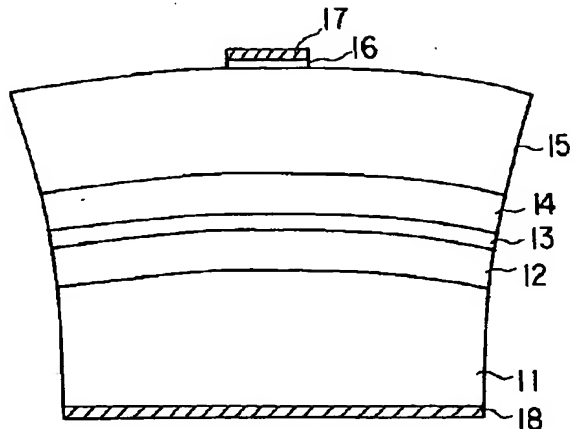
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 半導体発光装置

(57)【要約】

【目的】 光の減衰や生産性及び製造歩留りの低下を招くことなく、クラッド層表面で全反射する光の量を減らすことができ、光取出し効率の向上をはかり得る半導体発光装置を提供すること。

【構成】 n -GaAs基板11と、この基板11上に n -InGaAlPクラッド層12、InGaAlP活性層13及び p -InGaAlPクラッド層14を積層してなるダブルヘテロ構造部(第1の化合物半導体層)とを具備し、基板11と反対側の面上の一部に形成された電極17以外の面上から光を取出す半導体発光装置において、ダブルヘテロ構造部上に、これよりもバンドギャップが大きく、且つ格子定数の大きい p -GaAlAs光取出し層(第2の化合物半導体層)15を形成し、素子表面を光取出し方向に向かって凸状に湾曲させたことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】化合物半導体基板と、この基板上に形成されて発光部を成す第1の化合物半導体層と、この第1の化合物半導体層上に形成された該半導体層よりもバンドギャップが大きく、且つ格子定数の大きい第2の化合物半導体層と、この第2の化合物半導体層上に一部に形成された光取出し側電極と、前記基板の裏面に形成された基板側電極とを具備し、前記第2の化合物半導体層は、光取出し方向に向かって凸状に湾曲していることを特徴とする半導体発光装置。

【請求項2】前記基板の格子定数を a_1 、膜厚を b_1 、第1の化合物半導体層の格子定数を a_2 、膜厚を b_2 、第2の化合物半導体層の格子定数を a_3 、膜厚を b_3 としたとき、膜厚及び格子定数を次のように設定したことを特徴とする請求項1記載の半導体発光装置。

$$a_1 = a_2$$

$$a_3 > a_1$$

$$b_3 / (b_1 + b_2) \geq 0.03$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、化合物半導体材料を用いた半導体発光装置に係わり、特に活性層にInGaAlP系材料を用いた半導体発光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】InGaAlP系材料は、窒化物を除くIII-V族化合物半導体混晶中で最大の直接遷移型エネルギーギャップを有し、0.5~0.6 μ m帯の発光素子材料として注目されている。特に、GaAsを基板とし、これに格子整合するInGaAlPによる発光部を持つpn接合型発光ダイオード(LED)は、従来のGaPやGaAsP等の間接遷移型の材料を用いたものに比べ、赤色から緑色の高輝度の発光が可能である。高輝度のLEDを形成するには、発光効率を高めることはもとより、素子内部での光吸収や、発光部と電極の相対的位置関係等により、外部への有効な光取出しを実現することが重要である。

【0003】図5に、InGaAlP発光部を有する従来のLEDの素子構造断面を示す。このLEDは、n-GaAs基板1の一主面に、n-InGaAlPクラッド層2、n-InGaAlP活性層3、p-InGaAlPクラッド層4、p-InGaP中間エネルギーギャップ層5及びp-GaAsコンタクト層6を順次積層形成し、コンタクト層6上にp側電極7を、基板1の下面にn側電極8を設けることにより構成される。

【0004】各層のAl組成は高い発光効率が得られるように設定され、発光層となる活性層3のエネルギーギャップは2つのクラッド層2、4より小さい、所謂ダブルヘテロ接合が形成されている。そして、発光層からの光は電極7を除く素子表面、即ち電極7の周辺部から上方向に取出されるものとなっている。

【0005】ところで、図5に示したような構造では、発光部9から出てきた光のうち、クラッド層4の表面で全反射角となる光は、上面には出てこられず、発光層3で吸収されたり、下方に出射されてしまう。これらのことから発光素子としては、表面を樹脂でモールドしたり、ドーム状に研磨したり、或いは表面を荒らしたりして、出射光に対し全反射角がなくなるような対策が施されている。

【0006】しかしながら、この種の半導体発光装置にあっては次のような問題があった。即ち、素子表面を樹脂でモールドすると樹脂による光の減衰があり、また素子表面を研磨したり荒らすことは、工程の複雑化を招くと共に生産性及び製造歩留りの低下を招く要因となる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、InGaAlP等からなる発光部を持つ半導体発光装置においては、発光部からの出射光のうち、クラッド層表面に全反射角で入射する光を有効に取出すことができなかった。また、これを解決するために樹脂モールドや表面研磨等を行うと、光の減衰や生産性及び製造歩留りの低下を招くという問題があった。

【0008】本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、光の減衰や生産性及び製造歩留りの低下を招くことなく、クラッド層表面で全反射する光の量を減らすことができ、光取出し効率の向上をはかり得る半導体発光装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の骨子は、光取出し側の表面の形状を工夫することにより、光取出し効率の向上をはかることにある。

【0010】即ち本発明は、化合物半導体基板と、この基板上に形成されて発光部を成す第1の化合物半導体層と、この第1の化合物半導体層上に形成された該半導体層よりもバンドギャップが大きく第2の化合物半導体層と、この第2の半導体層上に一部に形成された光取出し側電極と、前記基板の裏面に形成された基板側電極とを具備し、第2の化合物半導体層の電極以外の面から光を取出す半導体発光装置において、第2の化合物半導体層の格子定数を第1の化合物半導体層よりも大きくし、第2の化合物半導体層を光取出し方向に向かって凸状に湾曲させるようにしたものである。また、本発明の望ましい実施態様としては、次のものがあげられる。

【0011】(1) 基板の格子定数を a_1 、膜厚を b_1 、第1の化合物半導体層の格子定数を a_2 、膜厚を b_2 、第2の化合物半導体層の格子定数を a_3 、膜厚を b_3 としたとき、

$$a_1 = a_2$$

$$a_3 > a_1$$

$$b_3 / (b_1 + b_2) \geq 0.03$$

50 が満足するように設定する。ここで、 $b_3 / (b_1 + b$

2)を0.03以上とした理由は、膜厚 b_3 が余り薄くなると、第2の化合物半導体層の湾曲が殆ど認められず、十分な光取出し効率の向上が達成できないからである。

(2) 上記の(1)に加え、

$$[0012] b_3 / (b_1 + b_2) \leq 1$$

$$0.0007 \leq (a_3 - a_1) / a_1 \leq 0.008$$

が満足するように設定する。ここで、 $b_3 / (b_1 + b_2)$ を1以下とした理由は、膜厚 b_3 が極端に厚くなると、第2の化合物半導体層の湾曲が殆ど認められなくなると共に、第2の化合物半導体表面に達する光が少なくなるためである。また、 $(a_3 - a_1) / a_1$ は、明確に規定できるものではないが、これが余り小さいと湾曲が少なくなり、逆に余り大きいと結晶面が荒れる。本発明者らの実験によれば、上記範囲であれば、十分な湾曲が達成でき良好な結晶面から得られることが確認されている。

(3) 基板としてGaAsを用い、第1の化合物半導体層としてInGaAlPを用い、第2の化合物半導体層としてGaAlAsを用いる。

【0013】

【作用】本発明によれば、基板及びその上の第1の化合物半導体層よりも格子定数が大きく適当な膜厚を有する第2の化合物半導体層を形成することにより、その格子定数の差から第2の化合物半導体層は第1の化合物半導体層側で圧縮される。これにより、第2の化合物半導体層は光取出し方向に向かって凸上に湾曲することになり、素子表面をドーム形状に加工することができる。従って、発光部から第2の化合物半導体層側に射出した光に対して全反射角となる面がなくなり(若しくは少なくとも)、光を有効に取出すことができる。

【0014】

【実施例】以下、本発明の実施例につき図面を参照して説明する。

【0015】図1は、本発明の第1の実施例に係わる半導体発光装置の概略構造を示す断面図である。図中11はn-GaAs基板であり、この基板11の一主面上に、

n-In_{0.5}(Ga_{1-x}Al_x)_{0.5}; Pクラッド層12

In_{0.5}(Ga_{1-y}Al_y)_{0.5}; P活性層13

p-In_{0.5}(Ga_{1-z}Al_z)_{0.5}; Pクラッド層14

p-Ga_{1-w}Al_wAs層15

p-GaAsコンタクト層16

が順次積層され、コンタクト層16は円形に加工されている。そして、コンタクト層16上にAu-Znからなるp側電極17が形成され、基板11の他方の主面にはAu-Geからなるn側電極18が形成されている。

【0016】ここで、InGaAlP各層のAl組成x, y, zは、高い発光効率を得られるように、 $y \leq x$, $y \leq z$ が満足するように設定されている。即ち、発

光層となる活性層13のエネルギーギャップはp-nの2つのクラッド層12, 14よりも小さいダブルヘテロ接合が形成されている。なお、これらのInGaAlP層12~14(第1の化合物半導体層)は、基板であるGaAsに格子整合している。

【0017】また、第2の化合物半導体層であるp-GaAlAs層15のAl組成pは、活性層13の発光波長に対して透明となるように、活性層13よりもバンドギャップが大きく選ばれている。なお、以下ではこのようなダブルヘテロ構造を持つLEDについて説明するが、光の取出し効率を考える上では、活性層部の層構造は本質ではなく、シングルヘテロ接合構造やホモ接合構造、さらには量子井戸構造でも同様に考えることができる。

【0018】図1に示した構造において、各層の厚さ、キャリア濃度は、以下に括弧内に示すように設定されている。

n-GaAs基板11 (80μm, 3×10^{18} cm⁻³)

20 n-InGaAlP クラッド層12 (1μm, 5×10^{17} cm⁻³)

InGaAlP活性層13 (0.5μm, アンダーブ)

p-InGaAlP クラッド層14 (0.2μm, 4×10^{17} cm⁻³)

p-GaAlAs層15 (7μm, 3×10^{18} cm⁻³)

p-GaAsコンタクト層 (0.1μm, 3×10^{18} cm⁻³)

である。

【0019】上記構造が従来の構造と異なる点は、p-InGaAlPクラッド層14上にそれよりも格子定数の大きいp-GaAlAs層15を形成したことであり、この構造の優位性について以下に説明する。

【0020】図5に示すような従来構造において、活性層3から表面方向に放出された光のうち、クラッド層4の表面で全反射角となる光は反射されて裏面方向に向けられる。そして、発光層3で吸収されたり、GaAs基板1に吸収されてしまう。このため、この光は素子外部へは取出すことができず、光取出し効率の低下の原因の一つとなっていた。

【0021】これに対し図1に示すような本実施例の構造では、GaAs基板11及びこれに格子整合した発光部InGaAlP層を有する第1の化合物半導体層上に、これらの層よりも格子定数の大きい第2の化合物半導体層(光取出し層)15を積層することによって、その格子定数差から応力が生じ、素子表面はドーム形状になる。

【0022】具体的には、クラッド層14よりも光取出し層15の方が格子定数が大きいので、クラッド層14

との接合面において光取出し層15には格子間を圧縮するような力が加わり、接合面近傍での光取出し層15は面方向に対して縮むことになる。接合面から離れると光取出し層15は本来の格子定数で成長されることになる。従って、光取出し層15はクラッド層14との接合面側が縮み、接合面と反対側はそのままであるため、光取出し方向に沿って凸状に湾曲することになる。その結果、図2に示すように、発光層からの光は光取出し層15の表面に入射する際に全反射角よりも小さい入射角となり、光取出し層の表面で全反射されことなく上側に取出せる。

【0023】本実施例に用いたGaAs基板11に格子整合したp-InGaAlPクラッド層14とp-GaAlAs光取出し層15の格子定数は、それぞれpクラッド層14で0.565325(nm)、光取出し層15で0.565953(nm)となっており、その格子不整合の割合は0.222%である。また、GaAs基板11を含めた発光部の膜厚は約80μm、光取出し層15の膜厚は7μmとした。このような格子不整合量、膜厚の関係から、素子表面を光取出しに有効なドーム形状にすることができる。

【0024】なお、各層の格子定数及び膜厚に関して考察したところ、次のような結果が得られた。第2の化合物半導体層の格子定数a3は、前述した湾曲(ドーム形状)が生じるように、基板の格子定数をa1及び第1の化合物半導体層の格子定数をa2(=a1)よりもある程度以上大きくする必要があるが、余り大きくし過ぎると第2の化合物半導体層の結晶面が荒れてしまう。a1の範囲を明確に規定することはできないが、本発明者らの実験によれば、

$0.0007 \leq (a3 - a1) / a1 \leq 0.008$ の範囲であれば、十分な湾曲が達成でき良好な結晶面から得られることが確認された。

【0025】また、第2の化合物半導体層の膜厚b3も十分な湾曲が達成できるようにある程度厚くする必要があるが、逆に余り厚くし過ぎると湾曲が生じなくなる。図3は、膜厚b3の割合に対する光取出し効率の変化を示す特性図である。図中の横軸はb3/(b1+b2)であり、○印は(a3-a1)/a1=0.001、●印は(a3-a1)/a1=0.015としたときのデータである。この図から、

$b3 / (b1 + b2) \geq 0.03$ の範囲であれば、第2の化合物半導体層が十分に湾曲し、十分な光取出し効率の向上が達成できるのが分かる。但し、b3 > (b1+b2)となると、第2の化合物半導体層の湾曲が殆ど認められなくなるため、b3 ≤ (b1+b2)にする必要があった。

【0026】上述した積層構造で、InGaAlP活性層のAl組成yに0.3を用いて素子を構成し、順方向に電圧を印加し電流を流したところ、590nmにピーク波長を有し、従来構造に比べて5倍の光出力を持つ発

光が得られた。

【0027】なお、本発明は上述した実施例に限定されるものではない。実施例では活性層の組成としてIn_{0.7}(Ga_{0.3}Al_{0.3})_{0.3}Pを用いたが、Al組成を変化させることにより赤色から緑色域に亘る可視光領域の発光を得ることができる。さらに、クラッド層の組成は実施例ではIn_{0.7}(Ga_{0.3}Al_{0.3})_{0.3}Pを用いたが、キャリアの閉じ込めに十分な活性層とのバンドギャップ差があればよく、この組成に限るものではない。

【0028】また、実施例ではInGaAlP活性層とGaAlAs光取出し層との間にInGaAlPクラッド層を形成したが、InGaAlP活性層の上に直接GaAlAs光取出し層を形成した構造としても、同様の効果を得ることができる。但し、この構造とした場合、前述した応力が直接発光層である活性層に加わるため、素子の発光特性がやや劣ってしまう。しかしながら、p-GaAlAs光取出し層を設けることにより従来構造より遥かに高い光の導出効率を得られるため、この構造を採用する優位性は高い。さらに、上に述べた構造以外にもAl組成の異なるInGaAlPで形成された発光部上にGaAlAs層を形成した構造、或いはInGaAlP層とGaAlAs層とで発光部を形成した構造とした場合においても同上の効果が得られることは言うまでもない。

【0029】また、GaAlAs層のAl組成層は、実施例では0.8を用いたが、発光部からの発光波長に対して透明であるのに十分なバンドギャップを持っておればよく、この組成に限るものではない。実施例では光取出し層としてGaAlAs層を用いたが、発光部からの発光波長に対して透明であり、発光部と基板の格子定数よりも大きいものであればよく、GaAlAsに限るものではない。図4に、各種材料におけるバンドギャップと格子定数の関係を示す。このように上記条件に該当する材料の組み合わせは多くある。但し、その格子不整合の割合があまり大きいものについてはその素子の特性に与える悪影響が大きくなってしまふ。

【0030】また、第2の化合物半導体層の格子定数は、必ずしも一定である必要はなく、階段状に変化させたり、連続的に変化させるようにしてもよい。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0031】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、第2の化合物半導体層の格子定数を第1の化合物半導体層のそれよりも大きくすることによって、第2の化合物半導体層を光取出し方向に向かって湾曲させることができる。従って、光の減衰や生産性及び製造歩留りの低下を招くことなく、クラッド層表面で全反射する光の量を減らすことができ、光取出し効率の向上をはかることが可

能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係わる半導体発光装置の概略構造を示す断面図、

【図2】実施例における光取出し効率向上の効果を説明するための模式図、

【図3】第2の化合物半導体層の膜厚と光取出し効率との関係を示す特性図、

【図4】可視領域におけるバンドギャップと格子定数との関係を示す特性図、

【図5】従来の問題点を説明するための素子構造断面図。

*【符号の説明】

11...n-GaAs基板、

12...n-In_{0.5}(Ga_{1-x}Al_x)_{0.5} Pクラッド層、

13...In_{0.5}(Ga_{1-x}Al_x)_{0.5} P活性層、

14 p-In_{0.5}(Ga_{1-x}Al_x)_{0.5} Pクラッド層、

15 p-Ga_{1-x}Al_xAs光取出し層、

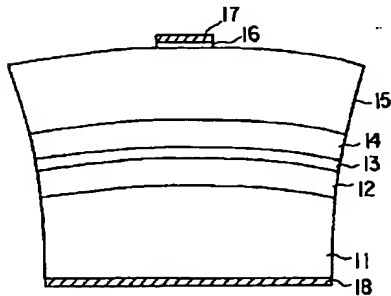
16...p-GaAsコンタクト層、

10 17...p側電極、

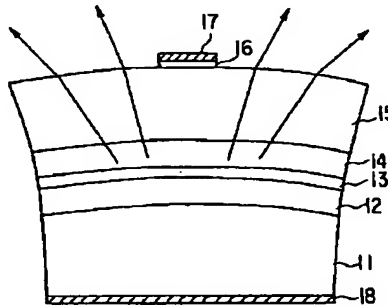
18...n側電極。

*

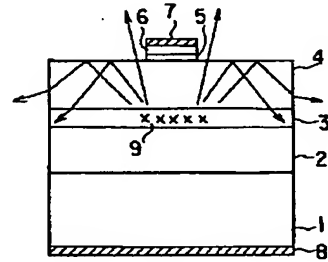
【図1】



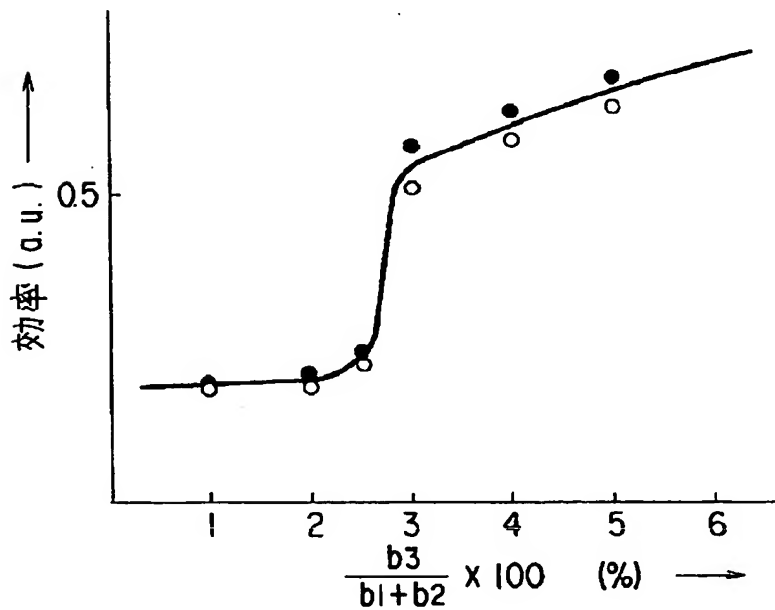
【図2】



【図5】



【図3】



【図4】

